

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра общей биологии и экологии

**III МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

***«Проблемы рекультивации  
отходов быта, промышленного и  
сельскохозяйственного производства»***  
*(с участием экологов Азербайджана, Беларуси, Германии, Грузии,  
Казахстана, России, Узбекистана и Украины)*

20-21 марта 2013 г.

Краснодар – 2013

---

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НАВОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

**А.Л. Демидов**

заведующий сектором промышленного нормирования РУП «Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь, [PromEco@tut.by](mailto:PromEco@tut.by)

**В.В. Мажинская**

младший научный сотрудник сектора промышленного нормирования РУП «Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь, [PromEco@tut.by](mailto:PromEco@tut.by)

**И.В. Жигунова**

младший научный сотрудник сектора промышленного нормирования РУП «Бел НИЦ «Экология», г. Минск, Республика Беларусь, [PromEco@tut.by](mailto:PromEco@tut.by)

В статье проводится оценка воздействия навозосодержащих отходов на почвенный покров и выявляются приоритетные вещества – загрязнители.

**Ключевые слова:** почвенный покров, животноводческие стоки, загрязняющие вещества, норматив ПДК (ОДК).

## INFLUENCE OF WASTE CONTAINING MANURE ON SOIL COVER OF BELARUS

*Demidov A.L., Mazhinskaya V.V., Zhigunova I.V.*

In the article assesses the impact wastes containing manure on soil cover is presented and priority pollutants are identified.

**Keywords:** soil cover, wastewater of livestock, pollutants, standard MPC (APC).

**Введение.** Животноводство Республики Беларусь является значимой отраслью хозяйственного комплекса страны, производящей около 8% от стоимости всей внутренней валовой продукции и более 55% продукции сельского хозяйства [1]. Программа развития сельских территорий на 2011–2015 гг. предусматривает интенсивное развитие животноводческой отрасли. Мясо-молочная группа будет составлять порядка 70% всего сельскохозяйственного экспорта, для чего предусматривается строительство 875 новых и реконструкция 1350 МТФ и строительство 112 новых свиноводческих комплексов.

Увеличение поголовья скота и территориальное распространение объектов животноводства усиливает антропогенную нагрузку на природную среду. Каждый такой объект является потенциальным источником загрязнения, в том числе и почвенного покрова, отходами животноводства. Многие существующие животноводческие комплексы имеют значительно изношенное оборудование и коммуникации, из-за чего регулярно наблюдаются несанкционированные сбросы навозосодержащих стоков в природную среду. Все это делает весьма актуальными исследования по определению основных загрязнителей почвенного покрова от отходов животноводства.

В ходе работ по выполнению задания 2.1.8 «Оценить степень воздействия объектов животноводства на почвенный покров и определить перечень контролируемых загрязняющих веществ с целью оптимизации обращения с навозосодержащими стоками» ГНТП «Природные ресурсы и окружающая среда» в 2011-2015 гг. на основании анализа фондовых материалов и результатов аналитических исследований был определен перечень загрязняющих веществ - индикаторов загрязнения почвенного покрова от отходов животноводства.

В статье представлены основные результаты, полученные в ходе выполнения указанной НИР.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки химического загрязнения почвенного покрова были использованы: результаты выполненных в 2011 г. полевых исследований с отбором проб почвы для определения содержания загрязняющих веществ на модельных объектах; материалы почвенно-геохимических исследований выполненных специалистами РУП «Бел НИЦ «Экология» в рамках научно-исследовательских работ по оценке воздействия планируемой хозяйственной деятельности по строительству и реконструкции объектов животноводства. На их основании был составлен предварительный перечень загрязняющих веществ, по которому проводились более детальные исследования.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В 2011 - 2012 гг. были отобраны пробы навозосодержащих стоков для определения в них концентраций потенциальных загрязнителей почвенного покрова отходами животноводства. Результаты аналитических исследований отобранных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ в навозосодержащих стоках, мг/л

	МТФ Андруши	СТФ Куносы	СТК Сож8	СТК Сож9	СТФ Наровля
Аммоний	41,9	408	45	0,1	0,1
Нитриты	0,03	0,03	37,5	30	4,5
Нитраты	0,5	2,43	5,1	37,5	16,4
Сульфаты	34,2	96,5	24,7	226,3	9,1
Хлориды	69,4	39,4	219,6	274,5	68,6
Cu	0,06	4,67	0,0085	0,002	0,002
Zn	0,308	20,1	0,1524	0,5456	0,115
Pb	0,192	0,192	0,015	0,0183	0,0087
Ni	0,1	0,204	0,0184	0,0073	0,0073
Cd	0,0005	0,0035	0,0014	0,001	0,001
Mn	0,934	1,5	0,16	0,23	0,27
Фосфаты	-	-	0,13	0,17	0,25

Для проведения сравнительной характеристики в таблице 2 представлены данные по концентрациям загрязняющих веществ в водоемах, расположенных в районе размещения животноводческих объектов, но на расстоянии, исключающем возможность попадания в них навозных стоков.

В таблице 3 представлены усредненные значения концентраций загрязняющих веществ в навозных стоках и естественных водных объектах.

Таблица 2 – Концентрация загрязняющих веществ в природных водах, мг/л

Шифр	Концентрация, мг/л							
Вещество	2Г2	2Дв6	1Е2	2Ст6	1Пл5	2Сож11	2Мм2	3Хв3
Сульфаты	21,0	9,5	-	0,8	1,2	16,5	-	-
Аммоний	0,1	2	0,5	0,779	0,1	0,1	0,15	0,1
Нитраты	2,6	2,4	8,6	0,047	1,8	1,2	0,68	12,8
Нитриты	0,01	0,01	0,5	0,03	0,01	0,6	0,01	0,01
Хлориды	33,1	9,2	18,5	13,88	15,6	14,3	76,77	33,4
Фосфаты	0,12	0,05	0,13	0,03	0,09	0,06	0,07	0,04
Pb	0,012	0,005	0,005	0,0131	0,0038	0,0158	0,0152	0,0106
Mn	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	1,06	0,05
Zn	0,0103	0,014	0,01	0,0041	0,0039	0,0049	0,0056	0,0076
Cd	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-
Ni	0,007	-	0,0088	-	-	0,007	0,0095	0,0078
Cu	0,0037	-	0,0095	-	-	0,0033	0,001	0,0058

Таблица 3 – Усредненные значения содержания загрязняющих веществ  
в стоках и водах

Вещество	Усредненные концентрации в		$C_{\text{стоки}} / C_{\text{ест. вод. об.}}$
	естественных водных объектах	стоках	
Сульфаты	9,8	78,16± 17,8*	8,0
Аммоний	0,478625	99,02± 34,8	206,9
Нитраты	3,765875	12,4± 3,07	3,3
Нитриты	0,1475	14,4± 3,58	97,6
Хлориды	26,84375	134,3± 21,0	5,0
Фосфаты	0,07375	0,18± 0,08	2,4
Pb	0,010063	0,085± 0,02	8,4
Mn	0,1775	0,62± 0,11	3,5
Zn	0,00755	4,24± 1,7	561,6
Cd	0,001	0,0015± 0,0008	1,5
Ni	0,00802	0,067± 0,02	8,4
Cu	0,00466	0,95± 0,41	203,9

\* - среднее квадратичное отклонение [2]

Как видно из таблицы, содержание таких веществ, как кадмий, фосфаты, в стоках сравнимо (выше не более чем в 3,0 раза; с учетом среднего квадратичного отклонения – не более чем в 1,5 раза) с концентрациями в естественных водных объектах, что не позволяет отнести их к приоритетным загрязнителям почвенного покрова от навозосодержащих отходов животноводства. Остальные вещества, содержание которых в стоках в 3 и более раз выше, чем в естественных водоемах, условно принимаем потенциальными загрязнителями почв. В дальнейшем определялась концентрация этих веществ в почвах в местах разливов животноводческих стоков для выявления реальных загрязнителей.

Таким образом, в рассматриваемый предварительный перечень включаем: сульфаты, аммоний, нитриты, нитраты, хлориды, свинец, марганец, цинк, никель, медь.

На основании фоновых материалов исследований 2009–2012 гг. был проведен расчет «условно фоновых» концентраций содержания загрязняющих веществ в почвах. Для расчета приняты данные по концентрациям загрязняющих веществ в пробах почвы, отобранных на удалении от объектов животноводства. Во внимание принимались образцы с супесчаным механическим составом (по аналогии с почвами вокруг основных модельных объектов: свинокомплексы «Борисовский», «Сож», «Дворецкий»). Для вычисления средних концентраций использовались результаты анализа 97 проб по металлам и 66 проб по макрокомпонентам. По одному максимальному и минимальному значению в расчет не принималось. Полученные «условно фоновые» концентрации представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения «условно фоновых» концентраций загрязняющих веществ в почвах

Загрязняющее вещество	«Условно фоновая» концентрация	Загрязняющее вещество	«Условно фоновая» концентрация
Сульфаты, мг/100г	1,25	Pb, мг/кг	14,58
Аммоний, мг/100г	0,37	Mn, мг/кг	405,65
Нитраты, мг/100г	0,61	Zn, мг/кг	26,73
Нитриты, мг/100г	0,09	Ni, мг/кг	8,06
Хлориды, мг/100г	3,40	Cu, мг/кг	6,00



При сравнении полученных «условно фоновых» концентраций с действующими ПДК (ОДК) была выявлена закономерность, что сами ПДК (ОДК) минимум в 2 раза больше рассчитанных фоновых показателей.

Для выявления реальных загрязнителей почв от навозосодержащих отходов были проанализированы данные лабораторных исследований почвенных образцов, отобранных в районе расположения животноводческих объектов. Результаты аналитических исследований были сгруппированы в зависимости от расположения точки отбора пробы. Выделены следующие группы точек: расположенные на территории и по периметру объектов животноводства (1 группа); находящиеся вдоль сельскохозяйственных земель, на которые поступают органические удобрения (2 группа); расположенные в непосредственной близости от мест хранения навоза (3 группа); «условно фоновые» (4 группа).

Для каждой из групп получены средние концентрации загрязняющих веществ, представленные в таблице 5.

Сравнение «условно фоновых» концентраций с показателями в выделенных группах (таблица 4) позволяет сделать следующее заключение. Концентрация ни одного из загрязнителей по группе 2 (места отбора вдоль сельскохозяйственных земель, на которые поступают органические удобрения) не превышает условно фоновую в два и более раза. В группах 1 и 3 превышение более чем в 2 раза фиксируется только по некоторым из форм азота за счет аномально высоких концентраций в 2-3 пробах.

Таблица 5 - Средние концентрации загрязняющих веществ в почве по группам точек отбора

Вещество	Концентрация			
	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Сульфаты, мг/100г	1,8	2,2	0,9	1,25
Аммоний, мг/100г	0,4	0,4	0,8	0,37
Нитраты, мг/100г	1,4	0,5	0,5	0,61
Нитриты, мг/100г	0,2	0,03	0,4	0,09
Хлориды, мг/100г	2,8	3,6	1,5	3,4
Pb, мг/кг	11,7	14,6	15,6	14,58
Ni, мг/кг	4,4	6,1	7,4	8,06
Mn, мг/кг	184,0	231,5	343,4	405,65
Zn, мг/кг	20,9	20,8	51,4	26,73
Cu, мг/кг	5,0	4,5	8,8	6,0

Таким образом, можно сделать вывод, что основным загрязнителем почвенного покрова отходами животноводства являются минеральные формы азота. В то же время наибольшее загрязнение происходит непосредственно во время несанкционированных разливов, аварийных ситуаций, а не в результате соблюдения установленного технологического процесса содержания скота и внесения органических удобрений, локализовано на незначительных площадях и определяется на месте визуально.

В дальнейшем для выявления полного перечня загрязнителей в расчет принимались пробы, отобранные в визуально определенных местах разливов животноводческих стоков. Помимо того пробы разбиты на две группы, исходя из свежести разливов. Средние значения концентраций по каждой из выделенных групп представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Концентрации загрязнителей в почвенном покрове

Загрязняющее вещество	Свежие проливы, концентрация	Старые проливы, концентрация	Условно фоновая концентрация
Сульфаты, мг/100г	23,8	1,67	1,25
Аммоний, мг/100г	1,17	0,25	0,37
Нитраты, мг/100г	5,79	5,24	0,61
Нитриты, мг/100г	1,58	0,25	0,09
Хлориды, мг/100г	4,13	2,73	3,40
Pb, мг/кг	11,78	19,55	14,58
Mn, мг/кг	280,75	275,21	405,65
Zn, мг/кг	441,34	89,56	26,73
Ni, мг/кг	10,59	9,91	8,06
Cu, мг/кг	107,90	16,49	6,00

В перечень загрязнителей включались вещества, концентрации которых в 2 и более раза превышали условно фоновую хотя бы по одной из групп. В результате в список загрязнителей почвенного покрова от животноводческих стоков включено 6 позиций: *сульфаты, аммоний, нитраты, нитриты, цинк, медь*.

Необходимо отметить, что высокие концентрации сульфатов и аммония фиксируются только при свежих разливах. Учитывая трансформацию азотных соединений в почвах, со временем концентрация аммония будет снижаться и, соответственно, возрастать содержание нитратов. Таким образом, и аммоний, и нитраты, и промежуточное соединение нитриты – показатели загрязнения почв от навозных стоков на разных его временных стадиях.

В дальнейшем проведено определение степени приоритетности для загрязняющих веществ, включенных в перечень загрязнителей почвенного покрова, которое происходило на основании следующих рассчитанных коэффициентов: процент проб с превышением условно фонового значения (K1); процент проб с превышением условно фонового значения на 100 и более процентов (K2); отношение средней концентрации проб с превышением условно фонового значения на 100 и более процентов к показателю условно фонового значения (K3).

Было решено веществам по каждому из коэффициентов присвоить значение от 1 до 6 (по возрастанию). Рассчитанные коэффициенты K1, K2 и K3 и баллы представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Рассчитанные коэффициенты и баллы загрязнения

Загрязняющее вещество	K1/баллы	K2/баллы	K3/баллы
Сульфаты	55/2	27/2	14,4/4
Аммоний	27/1	27/2	1,7/1
Нитраты	100/6	91/6	7,6/2
Нитриты	75/3	38/4	15,5/5
Zn	82/4	45/5	11,1/3
Cu	91/5	27/2	16,4/6

Баллы по каждому из коэффициентов просуммированы, а вещества расставлены в порядке уменьшения суммы. В соответствии с полученными баллами вещества выстроены в следующем порядке: нитраты – 14; медь – 13; нитриты – 12; цинк – 12; сульфаты – 10; аммоний – 4.

Таким образом, отходы животноводства являются потенциальными источником загрязнения почв азотными соединениями как в визуально определенных местах несанкционированных разливов, так и в целом в районах размещения объектов животноводства и навозохранилищ.

Миграция и аккумуляция азота в почве зависят от большого количества факторов: микробиологических процессов (аммонификации, денитрификации, нитрификации, азотфиксации), погодных условий, состава почвообразующих пород, положения в геохимическом ландшафте, гидрогеологических условий, физических и химических свойств почвы, развития растений, вида культуры.

Процесс аммонификации в почве осуществляется многочисленной и разнообразной по составу группой микроорганизмов и может протекать в более широком диапазоне условий окружающей среды, чем другие процессы превращения соединений азота в почве. Однако накопление аммонийного азота происходит лишь в случаях, если не идет процесс нитрификации. Осуществляется это при низких (<5) или высоких (>8) pH среды, при повышенных количествах подвижного алюминия, малой насыщенности почв основаниями, недостаточной аэрации, низких температурах [3].

Процесс нитрификации носит окислительный характер, поэтому он возможен лишь в аэробной обстановке при благоприятных внешних условиях. Осуществляется данный процесс в две стадии. На первой происходит окисление аммония до нитритов, но эта форма азота очень нестойкая. В кислых почвах нитриты неустойчивы и в течение нескольких минут распадаются.

На второй стадии нитрификации нитриты превращаются в нитраты. По данным исследователей [4] физически, физико-химически, химически нитратный азот не поглощается почвой.

Отмечается положительная линейная зависимость между нитратным азотом и содержанием общего, органического азота, а также с обменным аммонием.

Установлено, что скорость превращения аммонийных форм в нитратные зависит от влажности и температуры почвы, но в условиях Беларуси этот процесс осуществляет в течение не более 20 дней [5].

Таким образом, концентрация изученных азотных форм в почве будет зависеть от давности поступления азота. Из-за большого количества влияющих факторов, невозможно установить порог, когда нитраты превалируют над аммонийной формой.

**Заключение.** На основании данных полевых, химико-аналитических исследований и фондовых материалов определен перечень приоритетных загрязнителей в почвах в районе расположения животноводческих объектов: *нитраты, медь, нитриты, цинк, сульфаты, аммоний*. При этом основными показателями загрязнения служат минеральные азотные соединения. При «свежем» загрязнении наиболее высоки в почве концентрации аммония, которые со временем будут снижаться, а содержание нитратов соответственно возрастать. Таким образом, и аммоний, и нитраты, и промежуточное соединение нитриты являются показателями загрязнения почв навозными стоками на разных временных стадиях загрязнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Республика Беларусь в цифрах. Краткий статистический сборник. - Мн.: УП Минстата «Главный вычислительный центр», 2008 – 348 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Возбуждая А.Е. Химия почвы. 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1968. – 427 с.
4. Кореньков Д.А., Лаврова И.А. Азот в почвообразовании и земледелии // Бюл. ВНИИ удобрения и агропочвоведения. – 1975. – Вып. 25. – С. 3-10.
5. Тиво П.Ф. Состояние и концепция использования животноводческих стоков / П.Ф. Тиво [и др.] // Мелиорация переувлажненных земель. Сб. науч. раб. отв. ред. А.П. Лихацевич. – БелНИИМил, 2001. – Т. XLVIII. – С. 257-269.